

基于 BIM 与物联网技术的智慧泵房一体化设计与应用研究

文 / 李堉贤 深圳市金达建设工程有限公司

摘要：在智慧建筑发展背景下，传统泵房设计运维效率低、管理滞后的问题凸显。研究聚焦 BIM 与物联网技术在智慧泵房的一体化应用，先分析 BIM 的参数化建模、全生命周期管理特性与物联网的实时数据交互能力，明确双技术融合适配逻辑；再构建含目标原则、核心模块、流程规范的一体化设计框架，阐述设备实时监测预警、运维数字化协同、能耗优化调控三大核心功能实现路径；最后提出技术标准、系统安全、人员能力三维保障体系。研究为提升泵房智能化水平、推动机电设备智慧化转型提供理论支撑与实践参考，助力实现泵房全周期高效管理。

关键词：BIM 技术；物联网；智慧泵房；一体化设计；设备运维；能耗优化

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.22.097

引言

在智慧建筑快速发展当下，泵房作为建筑机电系统核心，传统设计与运维模式短板凸显：设计依赖二维图纸易现管线碰撞，运维靠人工巡检导致设备监测滞后、故障响应不及时，且能耗管理缺乏精准数据支撑，难满足高效智能管理需求。BIM 技术的参数化建模与全生命周期管理能力，及物联网技术的实时数据采集与交互优势，为智慧泵房建设提供技术支撑。当前学界对两项技术的研究多集中于单一领域，针对智慧泵房的一体化融合应用探讨仍需深化。在此背景下，开展基于二者的智慧泵房一体化设计与应用研究，既能弥补传统泵房管理不足，又能为建筑机电设备智慧化转型提供新思路，具有重要理论与实践意义。

一、BIM 与物联网技术的核心特性及在泵房应用的适配性

（一）BIM 技术的核心特性与功能优势

BIM 技术以参数化建模为基础，通过构建包含几何信息、物理属性、管理数据的三维模型，实现建筑设施全生命周期的数字化管理，其核心特性体现在可视化、协同性与全周期覆盖三方面。如图所示，可视化特性可将泵房二维设计图纸转化为这般三维模型，直观呈现泵

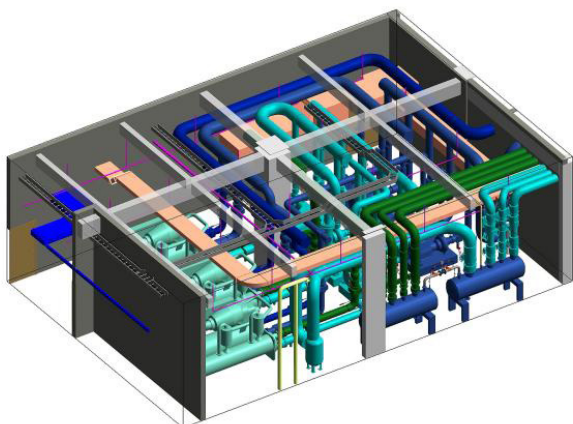


图 1 泵房的 BIM 三维模型图

组、管线、阀门等设备的空间布局，提前发现管线交叉碰撞问题，减少施工阶段的设计变更；协同性支持设计、施工、运维多参与方在同一模型平台上实时沟通，共享设计参数与设备信息，避免信息孤岛导致的协同效率低下；全周期覆盖特性则能贯穿泵房从设计、建设到运维的全过程，模型可随泵房生命周期动态更新，为各阶段管理提供统一的数据载体。在泵房应用中，这些特性可有效解决传统设计的粗放性与运维的数据断层问题，为智慧泵房的精细化管理奠定基础。

（二）物联网技术的关键架构与数据交互能力

物联网技术以“感知层—网络层—应用层”三层架构为核心，具备实时数据采集、传输与交互能力，可满足智慧泵房设备动态监测需求。感知层部署压力、流量、温度传感器及智能仪表，实时采集泵组运行参数与管路介质数据，实现设备状态全面感知；网络层依托 LoRa、NB-IoT 等无线或有线通信技术，将数据安全稳定传输至处理中心，保障实时性与完整性；应用层解析、存储并分析数据，为设备预警与能耗管理提供支持。该架构在泵房应用中，能打破传统人工巡检时空限制，实现设备数据全天候自动化采集与传输，为智慧泵房智能化运维提供数据支撑。

（三）双技术融合在智慧泵房应用的适配逻辑

BIM 与物联网技术在智慧泵房应用的适配核心是“数据互通”与“功能互补”，形成“模型承载信息 + 数据驱动管理”协同逻辑。数据互通上，物联网实时运行数据经接口接入 BIM 模型，将静态三维模型转化为动态“数字孪生体”，使其既展示设备空间布局，又能以颜色标注等方式实时呈现泵组正常、预警、故障等运行状态，实现可视化监测。功能互补上，BIM 模型为物联网数据提供空间载体与管理场景，物联网数据则赋予 BIM 模型实时性与动态性：依托 BIM 全生命周期管理能力关联运维数据与设备台账，实现运维追溯；物联网实时数据又为 BIM 模型优化、运维方案调整提供依据，二者协同覆盖泵房全流程，推动其从“被动管理”向“主动防控”转型^[1]。

二、基于 BIM 与物联网的智慧泵房一体化设计框架

(一) 一体化设计的目标与核心原则

智慧泵房一体化设计以解决传统泵房设计碎片化、运维低效化问题为导向，确立“设计精准化、运维智能化、管理高效化”三大核心目标，即通过 BIM 技术实现泵房空间布局与管线排布的可视化建模以规避设计冲突，依托物联网实时采集设备数据实现故障提前预警与远程管控，打通设计与运维数据链路实现全生命周期信息协同。设计过程需遵循数据互通、功能协同、全周期适配三大原则，数据互通要确保 BIM 模型数据与物联网感知数据格式兼容且实时同步，功能协同需让 BIM 可视化管理与物联网动态监测深度配合形成“建模 - 监测 - 反馈”机制，全周期适配则要求设计方案兼顾各阶段需求，保障技术应用的连续性与实用性，为后续功能落地奠定基础^[2]。

(二) 一体化设计的核心模块构建

一体化设计框架包含三大核心模块，各模块功能互补、数据互联，共同支撑智慧泵房运行。BIM 参数化建模模块依据泵房实际需求，搭建含设备参数、管线规格、空间尺寸的三维可视化模型，可在设计阶段开展碰撞检查与方案优化，还能作为数据载体存储泵房全生命周期信息，为后续运维提供基础模型支撑。物联网感知设备部署模块根据泵房设备类型与监测需求，选取压力、温度、流量等传感器，科学布局于关键点位，实时采集设备运行参数与环境数据，再通过无线通信技术传输至系统平台。数据融合交互模块作为核心枢纽，通过开发标准化数据接口，实现 BIM 模型数据与物联网感知数据无缝对接，关联设备实时状态与三维模型，同时支持数据筛选、整合与分析，为后续功能实现提供统一数据支撑。

(三) 一体化设计的关键流程规范

为保障一体化设计落地，需遵循四环节标准化关键流程。如图所示，第一步是需求分析与方案规划，结合泵房场景、设备规模及管理目标，明确 BIM 建模精度、物联网监测指标与系统功能，制定初步方案；第二步 BIM 模型搭建与优化，依据流程从设计参数到模型创建更新，用专业软件建三维模型，完成设备、管线参数化

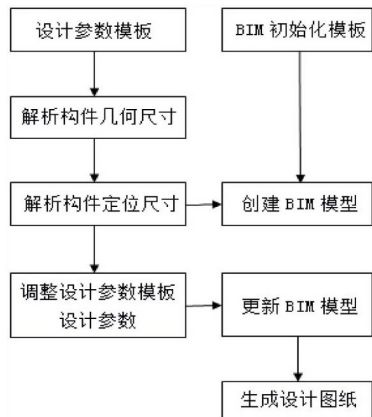


图 2 BIM 模型创建及更新流程示意图

建模后，开展碰撞检查与空间优化，确保设计合规无冲突；第三步物联网设备选型与嵌入设计，按监测指标选传感器等设备，在 BIM 模型模拟安装位置防冲突，规划数据传输路径与接口标准；第四步系统联调与验证，对接 BIM 模型与物联网设备，测试数据交互稳定性及状态关联性，验证方案可行性并调整，形成最终设计方案。

三、智慧泵房一体化应用的核心功能实现

(一) 泵房设备状态实时监测与预警

该功能以物联网感知层设备为数据采集核心，结合 BIM 模型的可视化特性实现高效监测与预警。如图展示了泵房内泵组、管线及相关设备的布局情况。在设备部署上，于泵组、阀门、传感器等关键部件安装温度、压力、振动等物联网感知设备，实时采集运行参数并通过网络层传输至数据平台。同时，将采集的实时数据与类似图中这样的泵房 BIM 模型关联，在模型中直观呈现各设备运行状态，如用不同颜色标注正常、异常工况。当设备参数超出预设阈值（如泵组振动超标、管路压力异常），系统会自动触发预警机制，通过平台弹窗、短信等方式推送预警信息至管理人员，并在 BIM 模型中定位故障设备位置，帮助管理人员快速掌握故障情况，为及时排查维修提供精准指引，避免因设备故障导致的运行中断。



图 3 智慧泵房的三维可视化效果图

(二) 泵房运维流程数字化与协同管理

此功能依托 BIM 与物联网技术的融合，打破传统运维的信息孤岛与协同壁垒。以 BIM 模型作为运维数据载体，将设备台账、维修记录、保养计划等信息嵌入模型对应构件中，管理人员可通过模型快速查询设备全生命周期运维数据。同时，物联网技术实时同步现

场设备状态，当设备需保养或出现异常时，系统自动生成运维任务单，明确任务内容、责任人及完成时限，并通过协同平台派发至相关人员。任务执行过程中，工作人员可通过移动端上传现场照片、维修记录等信息，实时更新任务进度，管理人员则通过平台实时监控任务推进情况。运维完成后，相关数据自动归档至BIM模型，形成完整的运维闭环，提升运维流程的透明度与协同效率^[3]。

（三）泵房能耗分析与优化调控

该功能通过BIM与物联网技术的协同，实现泵房能耗的精准分析与动态优化。借助物联网感知设备，实时采集泵房内泵组、照明、空调等设备的能耗数据，结合BIM模型中设备的空间布局、运行参数等信息，构建能耗分析模型。通过模型对能耗数据进行多维度分析，如按设备类型、时间段统计能耗占比，识别高能耗设备与能耗浪费环节。基于分析结果，系统可生成优化建议，例如根据用水需求调整泵组运行台数、优化水泵启停时间等。同时，将优化方案在BIM模型中进行模拟推演，预测优化后的能耗变化，验证方案可行性。优化方案实施后，持续监测能耗数据，对比优化前后效果，动态调整调控策略，实现泵房能耗的持续降低与高效利用^[4]。

四、智慧泵房一体化设计与应用的保障体系

（一）技术标准保障：统一数据与接口规范

技术标准的统一是确保BIM与物联网技术在智慧泵房高效融合的基础。需围绕数据与接口两大核心制定规范：在数据标准方面，明确BIM模型数据要求，统一泵房设备参数、管线信息、空间坐标等数据格式，确保模型能精准承载设备运维所需的全生命周期信息；同时规范物联网感知数据标准，对泵组压力、流量、温度等监测数据的采集频率、单位、精度作出统一规定，避免数据格式混乱导致的交互障碍。在接口规范方面，制定BIM平台与物联网系统的数据交互接口标准，明确数据传输协议、接口调用方式及数据反馈机制，确保物联网采集的实时数据能顺畅接入BIM模型，实现“模型可视化+数据实时化”的有效联动，为智慧泵房一体化应用奠定技术基础。

（二）系统安全保障：筑牢数据与运行防线

智慧泵房一体化系统涉及大量设备运行数据与运维管理信息，系统安全直接影响泵房稳定运行。需从数据安全与运行安全两方面构建防护体系：数据安全层面，采用数据加密技术对采集的设备数据、传输的交互数据及存储的历史数据进行加密处理，防止数据泄露或被篡改；同时建立数据访问权限管控机制，按岗位职能划分数据查看、操作权限，避免非授权人员获取敏感信息。运行安全层面，搭建系统灾备机制，定期对BIM模型数据、物联网监测数据进行备份，确保极端情况下数据不丢失；

此外，部署网络安全防护设备，实时监测系统网络状态，防范黑客攻击、病毒入侵等外部风险，保障一体化系统持续稳定运行。

（三）人员能力保障：提升技术应用素养

智慧泵房一体化设计与应用的落地，离不开具备跨技术应用能力的专业人员。需分层次开展培训以提升人员能力：针对设计人员，重点培训BIM参数化建模、物联网设备嵌入方案设计及双技术融合设计要点，使其能独立完成智慧泵房一体化设计方案；针对运维人员，强化物联网监测系统操作、BIM模型运维数据查询与分析、故障预警信息处理等技能培训，提升其利用一体化系统开展运维工作的效率；针对管理人员，通过专题培训传递智慧泵房管理理念，讲解一体化系统的功能价值与操作逻辑，使其能借助系统数据制定科学的管理决策。同时，建立定期考核机制，检验人员技术掌握程度，确保相关人员具备适配智慧泵房一体化应用的专业素养^[5]。

结语

研究围绕BIM与物联网技术在智慧泵房的一体化设计与应用展开，明确了双技术在参数化建模、实时数据交互上的特性优势与融合适配逻辑，构建起含目标原则、核心模块、流程规范的一体化设计框架，阐述了设备监测预警、运维协同、能耗优化三大核心功能的实现路径，并从技术标准、系统安全、人员能力维度提出保障体系，为智慧泵房建设提供了系统思路。但研究未深入验证不同规模泵房的技术适配差异，对极端环境下系统稳定性的分析也存在不足。未来可结合泵房规模与应用场景细化设计方案，进一步探索人工智能与双技术的融合应用，推动智慧泵房向更精准的预测性维护、更高效的智能调控方向发展，为建筑机电系统智慧化升级提供更具针对性的支撑。

参考文献

- [1] 左劲. 生活智慧泵房应用于建筑给排水设计中的价值探讨[J]. 中国地名, 2024(12): 0157-0159.
 - [2] 曾兴旺. 智慧供水泵房的设计及运行优化[J]. 产品可靠性报告, 2025(2).
 - [3] 叶佳, 单俊, 曹庆, 等. 一种应用云计算实现水肥一体化智慧泵房遥控的方法: 202310903920[P]. [2025-08-26].
 - [4] 邱珉. 区域计算和物联网在一体化智慧二次供水泵房中的应用[J]. 现代工业经济和信息化, 2023, 13(5): 99-101.
 - [5] 沈杰, 张丽敏. 浅谈智慧化标准泵房的设计建设[J]. 通用机械, 2018(5): 4.
- 作者简介: 李堉贤(1993年08月—), 男, 汉族, 广东省湛江市吴川市, 本科, 助理工程师, 二级建造师, 研究方向: 建筑给排水。